



CPAC Low Heat Concrete

คอนกรีตความร้อนต่ำซีแพค

ความร้อนสาเหตุสำคัญของการแตกร้าว

การเทคอนกรีตในโครงสร้างขนาดใหญ่ที่มีขนาดกว้าง ยาวมากกว่า 0.5 เมตร และความหนามากกว่า 0.5 เมตร เช่น เขื่อนคอนกรีต ตอม่อ ฐานรากแผ่ คานขนาดใหญ่ ความร้อนจากปฏิกิริยาระหว่างปูนซีเมนต์กับน้ำ (Heat of Hydration) จะสะสมอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้อุณหภูมิในเนื้อคอนกรีตสูงขึ้นมากกว่า 70 องศาเซลเซียส

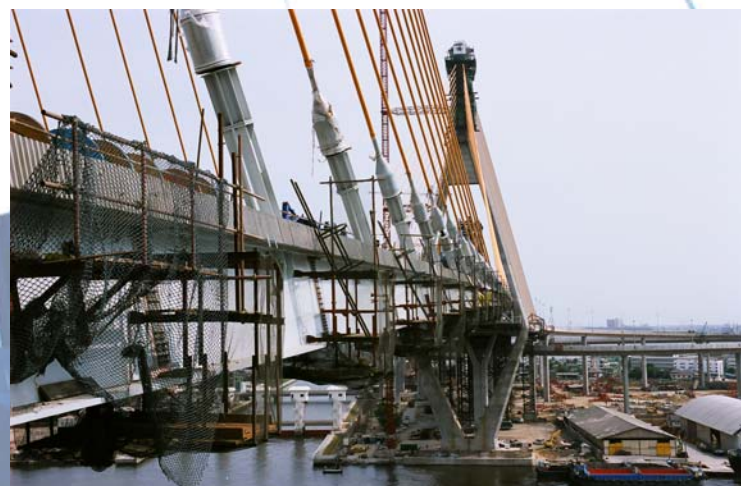
ความร้อนที่สะสมในโครงสร้างคอนกรีตนั้นจะถูกถ่ายเทสู่ภายนอก ความร้อนที่อยู่ภายในจะถ่ายเทออกได้ช้ากว่าบริเวณผิวคอนกรีต ก่อให้เกิดความแตกต่างของอุณหภูมิที่ผิวและภายในโครงสร้าง (Differential Temperature) ทำให้โครงสร้างของคอนกรีตเกิดการหดตัวและการยืดยืดที่ต่างกัน ในที่สุดคอนกรีตจะแตกร้าว (Thermal Crack) หลังการแตกร้าว น้ำและความชื้นจะซึมผ่านโครงสร้างคอนกรีตเข้าทำลายเหล็กเสริม ทำให้โครงสร้างไม่สามารถรับกำลังตามที่ออกแบบไว้ และความทนทานของโครงสร้างจะลดลงเป็นอย่างมาก

CPAC Low Heat Concrete

คือคอนกรีตพิเศษที่ซีแพควิจัยและพัฒนาขึ้นเพื่อควบคุมปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาไฮเดรชันโดยตรง ด้วยการควบคุมปริมาณแคลเซียมออกไซด์ ที่เป็นสาเหตุ

หลักของการเกิดความร้อนในคอนกรีต โดยการเพิ่มวัสดุปอซโซลานประเภท PFA (Pulverized Fuel Ash) เข้าไปในส่วนผสมคอนกรีต ซึ่งเป็นวิธีการแก้ปัญหาการแตกร้าวจากความร้อนที่ต้นเหตุอย่างแท้จริง

ปัจจุบัน ซีแพคได้มีการพัฒนาส่วนผสมคอนกรีตอย่างต่อเนื่อง เพื่อควบคุมปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นให้เหมาะสมกับขนาดของโครงสร้าง และเป็นไปตามข้อกำหนดเพื่อลดปัญหาการแตกร้าวภายในโครงสร้างคอนกรีต



งานโครงสร้างสะพานขนาดใหญ่ วงแหวนอุตสาหกรรม

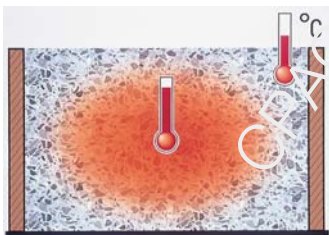
โครงสร้างที่มีโอกาสเกิด Thermal Crack



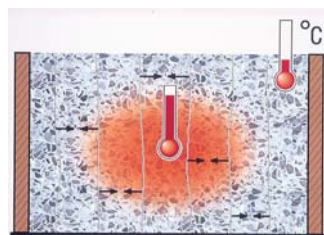
คอนกรีตมวล (Mass Concrete) หรือโครงสร้างคอนกรีตที่มีมิติหนามากๆ คือ มีความกว้าง ยาว และหนาที่มากกว่า 50 ซม. ได้แก่ งานคาน, เสา, ฐานรากขนาดใหญ่, เขื่อน, คานขนาดใหญ่ เป็นต้น

อันตรายของการเทคอนกรีตหยาบ (Mass concrete)

มักเกิดการแตกร้าวจากการหดตัวเนื่องจากอุณหภูมิที่แตกต่างกันระหว่างภายในและภายนอกคอนกรีต ความร้อนที่เกิดจากปฏิกิริยาไฮเดรชันทำให้คอนกรีตมีอุณหภูมิที่สูงขึ้น แต่เนื่องจากที่ผิวคอนกรีตสัมผัสอากาศจึงทำให้ถ่ายเทได้ จึงมีอุณหภูมิที่ต่ำกว่าภายในคอนกรีต ทำให้คอนกรีตมีความแตกต่างกันระหว่างอุณหภูมิ ส่งผลให้เกิดการหดตัวที่ไม่เท่ากัน ด้วยเหตุนี้จึงเกิดแรงยึดรั้งกันเองภายในเนื้อคอนกรีตจึงทำให้เกิดการแตกร้าวตามมา



บริเวณผิวภายนอกคอนกรีตสามารถถ่ายเทความร้อนได้เร็วกว่าภายใน



การเย็นตัวของคอนกรีตที่ไม่เท่ากันก่อให้เกิดการยึดรั้งและแตกร้าวในที่สุด

การลดความร้อนทำได้อย่างไร

ในการลดความร้อนซึ่งเป็นสาเหตุหลักของการแตกร้าวในคอนกรีตสามารถทำได้ 3 วิธี คือ

- ลดอุณหภูมิคอนกรีตขณะที่เป็นคอนกรีตสด (Precooling System)
 - การผสมน้ำแข็งแทนบางส่วนของน้ำ
 - การใช้ไนโตรเจนเหลวฉีดเข้าไป
 - การฉีดหรือพ่นน้ำให้กับหินที่ใส่ผสม
- ควบคุมความแตกต่างของอุณหภูมิที่ผิวและภายในโครงสร้าง (Temperature Difference Control)
 - การระบายความร้อนโดยฝังท่อน้ำภายในโครงสร้าง (Embedded Pipe Cooling)
 - การบ่มด้วยฉนวน (Surface Insulation)
- ลดขนาดของโครงสร้างโดยการแบ่งเท (Sectioned Concreting)

ซึ่งทั้ง 3 วิธีดังกล่าวเป็นเพียงการป้องกัน ไม่ใช่วิธีแก้ไขปัญหาที่ต้นเหตุ

ทางเลือกใหม่...หยุดปัญหาการแตกร้าว

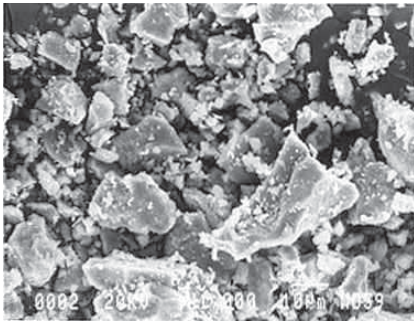
CPAC Low Heat Concrete คือ คอนกรีตพิเศษที่ซีพีแควิจายและพัฒนาขึ้นเพื่อควบคุมปริมาณความร้อนที่เกิดจากปฏิกิริยาไฮเดรชันโดยตรง ด้วยการควบคุมปริมาณแคลเซียมออกไซด์ ที่เป็นสาเหตุหลักของการเกิดความร้อนในคอนกรีต โดยการเพิ่มวัสดุปอสโซลานประเภท PFA (Pulverized Fuel Ash) เข้าไปในส่วนผสมคอนกรีต นับเป็นวิธีการแก้ปัญหาการแตกร้าวจากความร้อนที่ต้นเหตุอย่างแท้จริง

ปัจจุบันซีพีแควิได้มีการพัฒนาส่วนผสมคอนกรีตอย่างต่อเนื่อง เพื่อควบคุมปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นให้เหมาะสมกับขนาดของโครงสร้าง และเป็นไปตามข้อกำหนดเพื่อลดปัญหาการแตกร้าวภายในโครงสร้างคอนกรีต

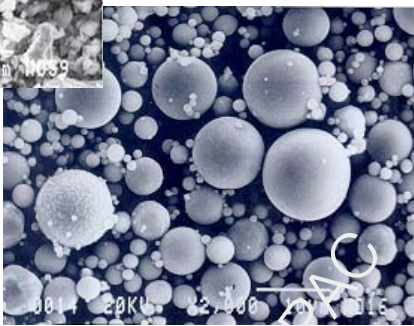
คุณสมบัติที่โดดเด่นของ CPAC Low Heat Concrete

CPAC Low Heat Concrete มีคุณสมบัติที่โดดเด่นจากคอนกรีตทั่วไปอย่างเห็นได้ชัด

1. ความสามารถในการเทได้เพิ่มขึ้น ด้วยอนุภาคที่กลมของ PFA ทำให้ CPAC Low Heat Concrete สามารถลื่นไหลและแทรกตัวเข้าไปอยู่ระหว่างเหล็กเสริมที่หนาแน่นได้ดี ทำให้การเท และการจี้เขย่าคอนกรีตทำได้ง่าย และมีประสิทธิภาพดีขึ้น ลดเวลาการทำงาน ลดจำนวนแรงงาน ซึ่งช่วยลดต้นทุนในการเทคอนกรีตโดยรวม



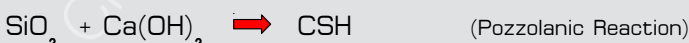
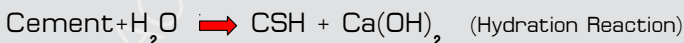
อนุภาคซีเมนต์
Cement Particles



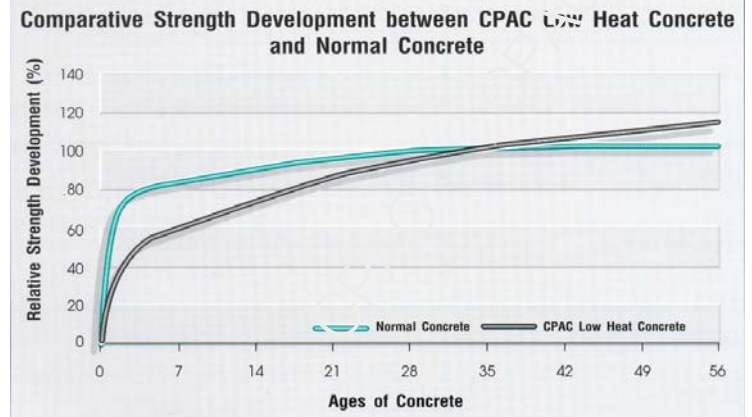
อนุภาควัสดุปอซโซลาน
Pozzolan Particles

2. ลดการเยิ้ม การแยกตัว และการหดตัว เนื่องจากวัสดุปอซโซลาน ช่วยเพิ่มความสามารถเทได้ของคอนกรีตให้ดียิ่งขึ้น ทำให้สามารถลดปริมาณน้ำในส่วนผสมลงได้จึงช่วยลดการเยิ้ม การแยกตัว และการหดตัวของคอนกรีต

3. กำลังอัดในระยะยาวสูงกว่าคอนกรีตทั่วไป ซิลิกอนไดออกไซด์ (SiO₂) ในวัสดุปอซโซลาน จะทำปฏิกิริยากับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ (Ca(OH)₂) ที่เหลือจากปฏิกิริยาไฮเดรชัน ได้สารประกอบ แคลเซียมซิลิเกตไฮเดรต (CSH) อีกครั้งหนึ่งดังสมการ



ปฏิกิริยาปอซโซลานจะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องเป็นผลให้การพัฒนากำลังอัดของคอนกรีตหลัง 28 วัน ยังคงดำเนินต่อไป จึงทำให้กำลังอัดในระยะยาวของ CPAC Low Heat Concrete ดีกว่าคอนกรีตทั่วไป



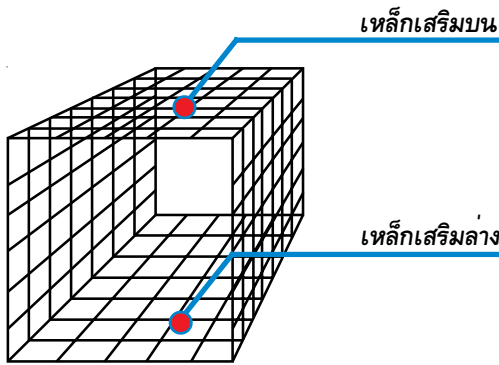
4. ความทนทานและความต้านทานการกัดกร่อนทางเคมีเพิ่มขึ้น เนื่องจากปฏิกิริยาปอซโซลานที่เกิดขึ้นจะทำให้ปริมาณตัวเชื่อมประสาน (CSH) เพิ่มขึ้นจึงทำให้ CPAC Low Heat Concrete มีเนื้อแน่นขึ้น และที่บ่มน้ำมากขึ้นส่งผลให้โครงสร้างมีความแข็งแรงทนทานใช้งานได้ยาวนาน

การเปรียบเทียบการควบคุมอุณหภูมิคอนกรีตด้วยวิธีอื่นกับ CPAC Low Heat Concrete

การควบคุมอุณหภูมิคอนกรีตด้วยวิธีอื่น	ประโยชน์จากการใช้ CPAC Low Heat Concrete ทดแทน
■ การแบ่งเทโครงสร้าง	■ ลดเวลาและแรงงาน
■ การผสมน้ำแข็งหรือไนโตรเจนเหลว	■ ลดค่าใช้จ่ายในการเตรียมงานแต่ละครั้ง
■ การฝังท่อน้ำ	■ ลดปัญหาจากการทำรอยต่อระหว่างชั้นคอนกรีต
■ การบ่มด้วยฉนวน	■ หมดปัญหาเรื่องการควบคุมอุณหภูมิของคอนกรีตระหว่างการจัดส่ง
	■ ลดค่าใช้จ่ายในการจัดหาน้ำแข็งและไนโตรเจนเหลว
	■ ลดความยุ่งยากในการฝังท่อ และการติดตั้งบ่มน้ำ
	■ ลดเวลาและค่าใช้จ่ายในการฝังท่อ และการ grout ท่อ
	■ ได้กำลังอัดที่สูงกว่า
	■ ลดค่าใช้จ่ายในการเผื่อกำลังอัดจากปฏิกิริยาไฮเดรชันที่ไม่สมบูรณ์
	■ ลดความเสี่ยงจากอุณหภูมิที่แตกต่างกันมาก

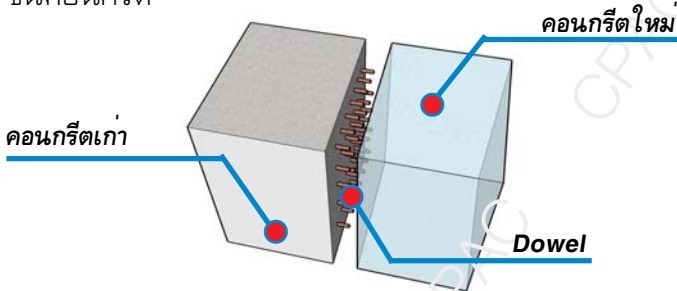
ข้อควรพิจารณาในการเทคอนกรีตสด

1. แบบหล่อด้านข้างควรใช้แบบไม้เพราะมีค่าความเป็นฉนวนความร้อนที่ดี
2. บ่มคอนกรีตหลังการเทด้วยฉนวน
3. สำหรับฐานรากขนาดใหญ่ที่มีการแบ่งเทเป็นชั้นๆ ในแนวอน ควรคำนึงถึงเหล็กเสริมบนระหว่างชั้นที่เท เพื่อป้องกันการแตกร้าวของคอนกรีตที่ผิวบนของคอนกรีตที่เทชั้นแรกตามมาตรฐาน ACI 207.2R



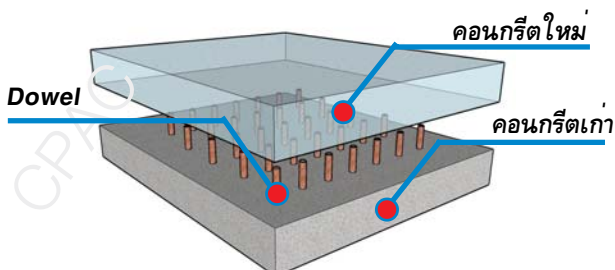
- การแบ่งเทแนวตั้ง

ให้ใส่เหล็ก Dowel เพื่อรับแรงเฉือนแนวตั้งที่รอยต่อของชั้นคอนกรีต



- การแบ่งเทแนวอน

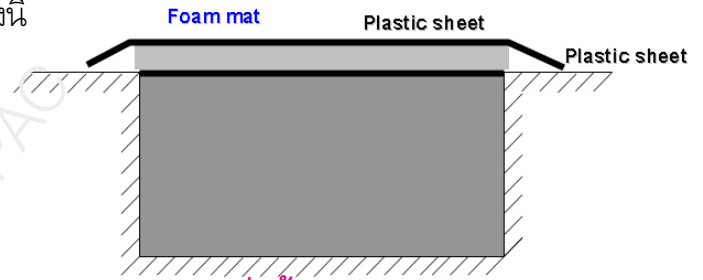
ให้ใส่เหล็ก Dowel เพื่อรับแรงเฉือนแนวราบที่รอยต่อของชั้นคอนกรีต รวมทั้งเพิ่มเหล็กเสริมกันแตกที่ผิวบนของคอนกรีตที่เทชั้นแรก ตามมาตรฐาน ACI 207.2R



วิธีการบ่มด้วยฉนวน (Insulation cure)



การบ่มคอนกรีตด้วยฉนวนเพื่อควบคุมไม่ให้อุณหภูมิของคอนกรีตที่ผิวถูกถ่ายเทออกไปเร็วเกินไป จนทำให้เกิดความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิภายในและภายนอกทำให้เกิดการหดตัวที่แตกต่างกันจนเกิดการแตกร้าว การบ่มด้วยฉนวนมีวิธีการดังนี้



รูปแสดงลักษณะการบ่มด้วยฉนวน

1. นำกระสอบคลุมผิวหลังเทคอนกรีต
2. ฉีดน้ำที่มีอุณหภูมิปกติลงบนกระสอบให้พอชุ่ม
3. คลุมด้วยแผ่นพลาสติก โดยให้แผ่นทับซ้อนกันอย่างน้อย 15 ซม.
4. ทำการวางโฟมที่หนาน้อย 2 ซม. บนแผ่นพลาสติก
5. วางแผ่นพลาสติกทับโฟมเอาไว้
6. ควรหาวัสดุวางทับเพื่อกันแผ่นพลาสติกปลิว
7. บ่มจนอุณหภูมิคอนกรีตที่แกนกลางลดลงมาในระดับที่ไม่ก่อให้เกิดการแตกร้าว กรณีที่มีการติดตั้ง Thermo couple วัดอุณหภูมิของคอนกรีตในโครงสร้าง สามารถพิจารณาระยะเวลาในการถอดฉนวนบ่มออก จากข้อมูลที่ได้ได้ในกรณีที่ไม่มีติดตั้งเครื่องวัดอุณหภูมิให้ใช้แนวทางจากตารางที่ 1

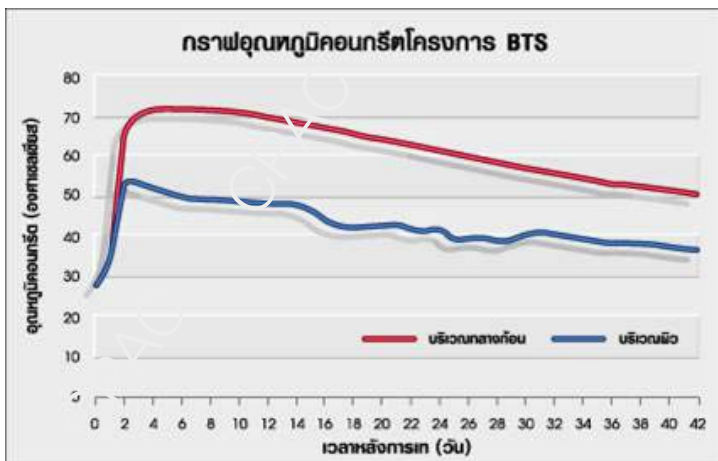
ตารางที่ 1 ระยะเวลาการบ่มด้วยฉนวน

ความหนาการเท (ม.)	เวลาการบ่ม (วัน)
0.5	3
1.0	5
1.5	7
2.0	9
2.5	11
4.5	21

อ้างอิง P.B. Bamforth BSc,CEng, MICE Taylor Woodrow Construction Limited, "Mass concrete"

ยืนยันคุณภาพ ด้วยผลทดสอบอุณหภูมิ

งานฐานรากแผ่ขนาดใหญ่ (Mat Foundation) สถานีรถไฟฟ้าหมอชิต (BTS) มีขนาดกว้าง 8.40 เมตร ยาว 38.40 เมตร และลึก 4.75 เมตร ซึ่งถือว่าเป็นฐานรากที่ลึกที่สุดในประเทศที่มีการเทครั้งเดียว พบว่าอุณหภูมิที่วัดได้สูงสุดคือ 72 องศาเซลเซียส และค่าแตกต่างสูงสุดระหว่างจุดกึ่งกลางโครงสร้างกับบริเวณผิวหน้าเพียง 25 องศาเซลเซียส



การพิจารณาเลือกใช้คอนกรีต

การเลือกใช้คอนกรีตให้พิจารณาจากกำลังอัดที่ออกแบบและค่ายุบตัวตามลักษณะการเทคอนกรีต รวมถึงอัตราการเทคอนกรีตที่ต้องการ

ตารางที่ 2 ค่ายุบตัวและกำลังอัดของคอนกรีตความร้อนต่ำซีเมนต์

ค่ายุบตัว (ซม.)	กำลังอัดที่ 28 วัน (ksc.)
5.0 - 10.0	180, 210, 240, 280, 300, 320, 350
7.5 - 12.5	180, 210, 240, 280, 300, 320, 350
15.0 - 20.0	380, 400, 420, 450

กรณีที่กำลังอัดในการออกแบบสูงกว่าที่ระบุในตารางข้างบน ให้พิจารณาออกแบบกำลังอัดที่ 56 วันแทน ทั้งนี้เพื่อให้ปริมาณแคลเซียมออกไซด์ในคอนกรีตไม่สูงเกินไปจนเกิดความร้อนที่ก่อให้เกิด Thermal Crack

พิสูจน์คุณภาพด้วยผลงาน

ส่วนหนึ่งของโครงการที่มั่นใจเลือกใช้

สถานีรถไฟฟ้า BTS หมอชิต, โรงไฟฟ้าพลังความร้อน (กฟผ.) ราชบุรี, การไฟฟ้าภูมิภาค บางเขน, Millenium complex กรุงเทพฯ, TRI ENERGY IPP ราชบุรี, โรงไฟฟ้า BSCP ระยอง, Thai Gypsum แหลมฉับัง, คลองอู่ตะเภา หาดใหญ่, บ้านราชประสงค์ กรุงเทพฯ, เขื่อนทดน้ำบางปะกง ฉะเชิงเทรา, เลอเมอริเดียน เชียงใหม่ ฯลฯ

